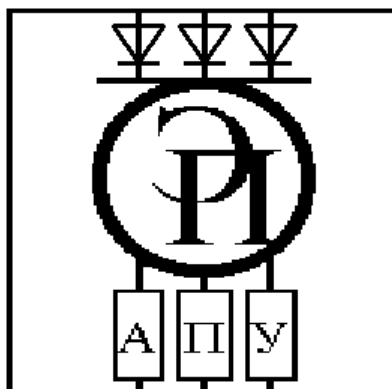


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

**НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА.  
НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2019

УДК 62-83  
ББК 31.291  
Н23

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «25» июня 2019 г.,  
протокол № 12

Составитель ст. преподаватель А. П. Корнеев

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации предназначены для студентов, выполняющих лабораторные работы по учебной дисциплине «Наладка и диагностика автоматизированного электропривода» и «Наладка и диагностика электропривода».

В методических рекомендациях приводятся краткие сведения о приборах и описание работ по изучению трехфазного асинхронного двигателя и двигателя постоянного тока, а также краткие методические указания для выполнения лабораторных работ.

Учебно-методическое издание

НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА.  
НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Ответственный за выпуск	Г. С. Ленеvский
Технический редактор	А. А. Подошеvко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Применение измерителя разности фаз Ф2-34 при наладке и диагностике АЭП.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Наладка и диагностика АЭП переменного тока на базе преобразователя типа Siemens Micro Master.....	6
3 Лабораторная работа № 3. Наладка и диагностика элемента АЭП – микропроцессорного счетчика импульсов типа СИ-1.....	8
4 Лабораторная работа № 4. Изучение схемы прямого пуска асинхронного электродвигателя.....	10
5 Лабораторная работа № 5. Изучение схемы реверса асинхронного электродвигателя.....	12
6 Лабораторная работа № 6. Изучение схем пуска двухскоростного асинхронного электродвигателя.....	14
7 Лабораторная работа № 7. Изучение схемы тепловой защиты асинхронного электродвигателя.....	15
8 Лабораторная работа № 8. Изучение схемы максимальной токовой защиты асинхронного электродвигателя.....	17
9 Лабораторная работа № 9. Изучение схемы частотного пуска и управления асинхронным электродвигателем.....	19
10 Лабораторная работа № 10. Изучение релейно-контактных схем управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем.....	20
11 Лабораторная работа № 11. Изучение схем пуска и реверса двигателя постоянного тока.....	22
12 Лабораторная работа № 12. Изучение схемы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».....	24
Список литературы.....	26



## Введение

Целью учебной дисциплины «Наладка и диагностика электропривода» является обучение студентов наладке современных автоматизированных электроприводов, проектированию и эксплуатации их систем диагностирования.

Знания, полученные при изучении дисциплины, используются при изучении дисциплин специализаций, в курсовом и дипломном проектировании.

Задача учебной дисциплины – научить студентов проектировать системы диагностирования автоматизированного электропривода, составлять методики наладки и эксплуатации автоматизированных электроприводов.



# 1 Лабораторная работа № 1. Применение измерителя разности фаз Ф2-34 при наладке и диагностике АЭП

## *Цель работы*

- 1 Изучить устройство прибора.
- 2 Изучить порядок выполнения измерений.

### *1.1 Назначение прибора*

Измеритель разности фаз Ф2-34 предназначен для определения разности фаз между двумя синхронными синусоидальными сигналами с цифровым отображением информации.

Прибор может быть использован для снятия фазовых характеристик радиотехнических цепей, фильтров, усилителей, определения последовательного резонанса кварцевых фильтров и резонаторов и т. д.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода \ Лабораторная работа 1**

### *1.2 Содержание и объем выполнения работы*

Для выполнения лабораторной работы каждый студент получает индивидуально от преподавателя, проводящего лабораторные работы, исходные данные.

### *1.3 Порядок выполнения работы*

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- индивидуальное задание по выполнению практической части работы по измерению разности фаз между двумя синхронными синусоидальными сигналами с цифровым отображением информации;
- теоретическое задание в соответствии с индивидуальным заданием;
- контрольный вопрос.

### *Содержание отчета*

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Упрощенная структурная схема прибора.
- 3 Графики сигналов в заданных точках, построенные по заданным параметрам.



- 4 Результаты измерений.
- 5 Ответ на контрольный вопрос.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как измерить разность фаз двух сигналов?
- 2 Можно ли при помощи прибора построить ФЧХ?
- 3 Поясните принцип действия выносного делителя. Для чего он применяется?
- 4 Зачем применяются импульсные фильтры ИФ1 и ИФ2?
- 5 Как отображается цифровая информация?
- 6 Принцип действия прибора.
- 7 Назначение и принцип работы формирователя фазовых интервалов ФФИ.
- 8 Назначение корректирующего счетчика.
- 9 Пояснить назначение разъема X5 и функциональное назначение его отдельных контактов.
- 10 Пояснить назначение и влияние на работу других блоков частотного дискриминатора ЧД.

## **2 Лабораторная работа № 2. Наладка и диагностика АЭП переменного тока на базе преобразователя типа Siemens Micro Master**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить устройство преобразователя.
- 2 Изучить порядок программирования преобразователя.
- 3 Выполнить программирование преобразователя.

### ***2.1 Основные положения***

Преобразователи Siemens серии Micro Master и Midi Master представляют собой преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Диапазон выходных мощностей лежит в пределах от 250 Вт до 37 кВт, при вентиляторной нагрузке диапазон максимальных выходных мощностей расширяется до 45 кВт.

Система управления преобразователей частоты является полностью цифровой и построена на базе однокристального микроконтроллера фирмы Siemens.

Преобразователи могут применяться для регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей с фазным либо короткозамкнутым ротором, синхронных и синхронных реактивных электрических машин. Возможно использование преобразователей как для однодвигательных, так и для многодвигательных электроприводов.

Micro Master и Midi Master предназначены для регулирования частоты вращения электродвигателей приводов насосов и вентиляторов, а также для



приводов с постоянной нагрузкой ( $M_c = \text{const}$ ), если не предъявляется жестких требований к динамическим характеристикам системы. Основные области применения преобразователей частоты:

- вентиляторы нагревательных и вентиляционных систем;
- насосы систем отопления и водоснабжения;
- компрессоры, экструдеры, центрифуги, дозирующие насосы химических и нефтеперерабатывающих установок;
- конвейеры, рольганги и транспортные системы;
- упаковочные и текстильные машины.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода \ Лабораторная работа 2**

## *2.2 Технические возможности*

Преобразователи снабжены системой управления потоком (FCC-Flux Current Control), автоматически адаптирующейся к нагрузке. Это позволяет достигать оптимального КПД двигателя.

Для поддержания технологического параметра (давление, температура и т. д.) предназначен интегрированный в систему управления ПИД-регулятор.

Возможность дистанционного управления через интерфейс RS-485 с использованием протокола ProfiBus.

Возможность подключения по протоколу ProfiBus до 31 привода.

Встроенная энергонезависимая память для сохранения параметров.

Управление выходной частотой одним из пяти способов:

- 1) цифровое задание частоты с клавиатуры пульта управления;
- 2) аналоговое задание частоты по входному току либо напряжению;
- 3) задание частоты посредством потенциометра;
- 4) задание фиксированных частот;
- 5) цифровое задание частоты через интерфейс RS-485.

Возможность динамического торможения.

Встроенный переключатель включения тормозного резистора для сброса энергии (Micro Master), возможен монтаж на Midi Master.

Автоматическое измерение сопротивления статора.

Встроенный цифровой генератор функций для задания различных кривых разгона и замедления.

Возможность автоматического перезапуска двигателя при временном пропадании питания.

Возможность пропуска резонансных частот механической части системы.

Программирование частоты ШИМ: фиксированная и частота из диапазона.

Пленочная клавиатура (семь кнопок).

Два релейных выходов.

Пять релейных входов.

Аналоговый выход.



## **2.3 Порядок выполнения работы**

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- индивидуальное задание по выполнению практической части работы по программированию преобразователя;
- теоретическое задание в соответствии с индивидуальным заданием;
- контрольный вопрос.

### **Содержание отчета**

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Структурная схема преобразователя.
- 3 Программный код выполнения задания.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Основное назначение частотного преобразователя.
- 2 Какие законы управления в данном частотном преобразователе имеются и как они задаются?
- 3 Назначение фильтра, включенного после частотного преобразователя.
- 4 Назовите области применения данного частотного преобразователя.
- 5 Какие существуют способы управления выходной частотой в данном частотном преобразователе?
- 6 Покажите способы управления выходной частотой на схеме и на преобразователе.
- 7 Для чего используется тормозной резистор, подключаемый к частотному преобразователю?

## **3 Лабораторная работа № 3. Наладка и диагностика элемента АЭП – микропроцессорного счетчика импульсов типа СИ-1**

### **Цель работы**

- 1 Изучить общее устройство прибора и методику проведения испытаний.
- 2 Выполнить ввод исходных параметров.

### **3.1 Назначение**

Счетчик импульсов СИ-1 ЮПШИ2.720.001 (далее по тексту – счетчик) предназначен для счета числа импульсов, числа импульсов в минуту или изме-





рения частоты в ходе различных технологических процессов, а также формирования управляющих сигналов.

Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха – от 5 до 50 °С;
- относительная влажность – до 80 % при температуре 35 °С;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа;
- частота вибрации – до 25 Гц с амплитудой до 0,1 мм.

### **3.2 Порядок выполнения работы**

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе.
- индивидуальное задание по выполнению практической части работы по вводу начальных данных счетчика;
- теоретическое задание в соответствии с индивидуальным заданием;
- контрольный вопрос.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 3**

### **3.3 Технические данные**

- 1 Напряжение питания счетчика – 220 В (+10; –15) %, 50 Гц.
- 2 Габаритные размеры счетчика – не более 96х96х200 мм.
- 3 Масса счетчика – не более 1,9 кг.
- 4 Мощность, потребляемая счетчиком от питающей сети, – не более 10 В·А.
- 5 Входными сигналами счетчика являются импульсы положительной полярности с амплитудой от 10 до 30 В и длительностью не менее 400 мкс.
- 6 Максимальная входная частота импульсов счетчика – не более 1 кГц.
- 7 Реле, входящие в счетчик, способны коммутировать внешние цепи управления с напряжением до 30 В и током до 100 мА.
- 8 Емкость счетчика – 999999.

### **Содержание отчета**

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Структурная схема преобразователя.
- 3 Описание работы заданных блоков и сигналов.
- 4 Ответ на контрольный вопрос.



### ***Контрольные вопросы***

- 1 Назначение и основные технические характеристики счетчика.
- 2 Устройство счетчика.
- 3 Состав и назначение платы питания.
- 4 Состав и назначение платы процессора.
- 5 Состав и назначение платы индикации.
- 6 Режимы работы индикации счетчика.
- 7 Принципы отображения информации на дисплее.
- 8 Как осуществляется переход от одного режима индикации к другому?
- 9 Как произвести ввод требуемого номера смены?
- 10 Как осуществляется выбор режима индикации показаний текущего значения?
- 11 Как осуществляется задание величины предустановки?
- 12 Как производится задание коэффициента деления?
- 13 Как значение коэффициента деления влияет на показания прибора?
- 14 Как осуществляется ввод даты?
- 15 Как осуществляется ввод времени?
- 16 Как осуществляется обнуление числа импульсов, подсчитанных за смену?
- 17 Какие мероприятия необходимо провести по устранению неисправности, если при включении счетчика не светятся отдельные сегменты или в целом цифровой индикатор?
- 18 Привести возможные причины несрабатывания реле. Каковы мероприятия по их устранению?
- 19 Какова причина исчезновения имеющейся информации при выключении счетчика от сети? Как устранить неисправность?
- 20 Какова последовательность проведения операций по поверке счетчика и какие при этом используются средства?
- 21 В каких режимах производится опробование счетчика?



## **4 Лабораторная работа № 4. Изучение схемы прямого пуска асинхронного электродвигателя**

### ***Цель работы***

Изучить схему прямого пуска трехфазного асинхронного двигателя.

### ***4.1 Краткие теоретические сведения***

Прямой пуск применяют для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Двигатели этого типа малой и средней мощности обычно проектируют так, чтобы при непосредственном подключении обмотки статора к сети возникающие пусковые токи не создавали чрезмерных электродинамических усилий и превышений температуры, опасных с точки зрения механической и тер-

мической прочности основных элементов машины.

В асинхронных двигателях отношение  $L/R$  сравнительно мало (особенно в малых двигателях), поэтому переходный процесс в момент включения характеризуется весьма быстрым затуханием свободного тока. Это позволяет пренебречь свободным током и учитывать только установившееся значение тока переходного процесса.

Двигатели обычно запускают с помощью электромагнитного выключателя КМ1 – магнитного пускателя – и разгоняют автоматически по естественной механической характеристике от точки П, соответствующей начальному моменту пуска, до точки Р, соответствующей условию равенства момента двигателя и нагрузки. Ускорение при разгоне определяется разностью абсцисс кривых  $M$  и  $M_{cm}$  и моментом инерции ротора двигателя и механизма, который приводится во вращение. Если в начальный момент пуска  $M_n < M_{cm}$ , двигатель разогнаться не сможет.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 4**

#### **4.2 Порядок выполнения работы**

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему пуска трехфазного асинхронного двигателя;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.101 «Тепловая защита. Максимальная защита. Прямой пуск» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему прямого пуска;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.

#### **Содержание отчета**

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.



- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие условия должны быть соблюдены при прямом запуске асинхронного двигателя?
- 2 В каком случае допускается прямой пуск при использовании пускателя?
- 3 Каким образом схема блокирует повторный пуск двигателя при пропадании питания?
- 4 Какие защиты двигателя необходимы при прямом пуске?

## **5 Лабораторная работа № 5. Изучение схемы реверса асинхронного электродвигателя**

### ***Цель работы***

Изучить схему реверса трехфазного асинхронного двигателя.

### ***5.1 Краткие теоретические сведения***

Схема реверса довольно часто используется для подключения трехфазного электродвигателя там, где необходимо оперативное управление направлением вращения вала двигателя, например, в гаражных воротах, насосах, различных погрузчиках, кран-балках и т. д.

Реверсирование двигателя реализуется изменением фазировки его питающего напряжения. Например, если порядок подключения фаз к клеммам трехфазного электродвигателя условно взять как А, В, С, то направление вращения вала будет определенным, противоположным подключению, скажем, с фазировкой А, С, В.

Особенностью реверсивной схемы подключения является использование в ней двух магнитных пускателей. Причем их главные силовые контакты соединены между собой таким образом, что при срабатывании катушки одного из пускателей фазировка питающего напряжения двигателя будет отличаться от фазировки при срабатывании катушки другого.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 5**



## 5.2 Порядок выполнения работы

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему реверса трехфазного асинхронного двигателя;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.102 «Реверс» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему для выполнения реверса асинхронного электродвигателя;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит реверс двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.

### Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

- 1 Для чего применяется схема реверса?
- 2 Как реализуется защита от одновременного включения «вперед» и «назад»?
- 3 Каким образом необходимо изменить схему, чтобы был возможен реверс двигателя без этапа останова?
- 4 Как изменится схема при использовании пускателей с другим номиналом напряжения питания?



## 6 Лабораторная работа № 6. Изучение схем пуска двухскоростного асинхронного электродвигателя

### *Цель работы*

- 1 Изучить схему пуска двухскоростного асинхронного электродвигателя.
- 2 Определить параметры защиты для установленного двигателя.
- 3 Настроить электронную токовую защиту.

### *6.1 Краткие теоретические сведения*

Асинхронные трехфазные двигатели могут быть сконструированы более, чем на одну скорость, либо реализованы с различными обмотками, отличающимися числом полюсов, либо только с одной обмоткой, но построенной таким образом, что может подключаться внешне с различным числом полюсов. По этой причине некоторые виды трехфазных асинхронных двигателей с различными скоростями называют также двигателями с переключаемыми полюсами.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 6**

### *6.2 Порядок выполнения работы*

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему пуска двухскоростного трехфазного асинхронного двигателя;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.105 «Двухскоростной АД» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему для изучения схем пуска двухскоростного асинхронного электродвигателя;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) устанавливает с помощью пульта программирования параметры уставки токовой защиты и времени срабатывания защиты двигателя;



- 7) включает электропривод и проверяет, что схема в номинальном режиме работает и внештатных отключений нет;
- 8) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 9) убирает рабочее место.

### ***Содержание отчета***

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для чего применяются двухскоростные двигатели?
- 2 От чего зависит скорость асинхронного двигателя?
- 3 Какие асинхронные двигатели наиболее распространены?
- 4 Каково предназначение пускателя KV1 в схеме?

## **7 Лабораторная работа № 7. Изучение схемы тепловой защиты асинхронного электродвигателя**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить схему тепловой защиты трехфазного асинхронного двигателя.
- 2 Определить параметры защиты для установленного двигателя.
- 3 Настроить электронную тепловую защиту.

### ***7.1 Краткие теоретические сведения***

Для работы требуется пульт программирования реле токовой защиты и инструкция по настройке реле токовой защиты РТЗЭ, поставляемые в комплекте со стендом.

Тепловые реле применяются для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, а также от обрыва одной из фаз. Конструктивно представляют собой набор биметаллических расцепителей (по одному на каждую фазу), по которым протекает ток электродвигателя, оказывающий тепловое действие. Под действием тепла происходит изгиб биметаллической пластины, приводящий в действие механизм расцепления. При этом происходит изменение состояния вспомогательных контактов, которые используются в цепях управления и сигнализации. Реле снабжаются биметаллическим температурным компенсатором с обратным прогибом по отношению к биметалличе-



ским пластинам для компенсации зависимости от температуры окружающей среды, обладают возможностью ручного или автоматического взвода (возврата). Реле имеет шкалу, калиброванную в амперах. В соответствии с международными стандартами шкала должна соответствовать значению номинального тока двигателя, а не тока срабатывания. Ток несрабатывания реле составляет  $1,05 \cdot I_{ном}$ . При перегрузке электродвигателя на 20 % ( $1,2 \cdot I_{ном}$ ), произойдет его срабатывание в соответствии с токовременной характеристикой.

Реле в зависимости от конструкции могут монтироваться непосредственно на магнитные пускатели, в корпуса пускателей или на щиты. Правильно подобранные тепловые реле защищают двигатель не только от перегрузки, но и от заклинивания ротора, перекоса фаз и от затянутого пуска.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 7**

## **7.2 Порядок выполнения работы**

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему для определения характеристик тепловой защиты;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.101 «Тепловая защита. Максимальная защита. Прямой пуск» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему прямого пуска;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.

## **Содержание отчета**

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.



### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какое основное назначение теплового реле?
- 2 Достаточно ли для защиты двигателя от перегрузок двух уставок? Аргументируйте свой ответ.
- 3 В чем основное отличие традиционного теплового реле от микропроцессорного реле токовой защиты?
- 4 Как в реальности определяют параметры тепловой защиты двигателя в производстве?
- 5 Определяет ли тепловое реле перегрев двигателя при неисправности охлаждающего вентилятора? Аргументируйте свой ответ.

## **8 Лабораторная работа № 8. Изучение схемы максимальной токовой защиты асинхронного электродвигателя**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить схему защиты трехфазного асинхронного двигателя от токов короткого замыкания.
- 2 Определить параметры защиты для установленного двигателя.
- 3 Настроить электронную токовую защиту.

### ***8.1 Краткие теоретические сведения***

Для работы требуется пульт программирования реле токовой защиты и инструкция по настройке реле токовой защиты РТЗЭ, поставляемые в комплекте со стендом.

Одной из защит двигателя может являться защита с применением максимальных токовых реле. Такая защита получила название токовой защиты, или точнее, максимальной токовой защиты. Максимальная токовая защита, осуществляемая с помощью максимальных токовых реле, предотвращает рост тока в статорной обмотке электродвигателя. Происходит это путем отключения блок-контактами токовых реле цепи питания пускателя или контактора электродвигателя. Каждое реле имеет одну или две токовые катушки, которые включаются обычно до или после пускателя (контактора) в разрыв цепи питания двигателя. Токовые реле включаются во все три фазы двигателя – это позволяет в сетях с заземленной нейтралью усилить защиту от однофазных замыканий на землю. Иногда при питании двух-трех двигателей от одной магистрали допустимо каждый из них защищать двумя токовыми реле. Причем установлены они должны быть у данных двигателей в одних и тех же фазах. На третью фазу ставится общее токовое реле. Использование двух токовых реле также достаточно при питании двигателя от сети с изолированной нейтралью.



Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 8

## 8.2 Порядок выполнения работы

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему для определения характеристик максимальной токовой защиты;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации по лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.101 «Тепловая защита. Максимальная защита. Прямой пуск» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему прямого пуска;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.

## Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

## Контрольные вопросы

- 1 Каково основное назначение максимальной токовой защиты?
- 2 Достаточно ли для защиты двигателя от перегрузок двух токовых реле? Аргументируйте свой ответ.
- 3 В чем основное отличие традиционных токовых реле от микропроцессорного реле токовой защиты?
- 4 Как в реальности определяют параметры защиты от максимальных токов в производстве?



5 Можно ли определить КЗ на землю при установке только двух токовых реле? Аргументируйте свой ответ.

## 9 Лабораторная работа № 9. Изучение схемы частотного пуска и управления асинхронным электродвигателем

### *Цель работы*

- 1 Изучить схему частотного пуска асинхронного двигателя.
- 2 Изучить основные параметры частотного преобразователя.
- 3 Настроить частотный преобразователь.

### *9.1 Краткие теоретические сведения*

Преобразователь частоты, или частотный преобразователь, служит для плавного изменения скорости асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором за счёт формирования в обмотках статора напряжений и токов частотой, отличной от частоты источника питания, т. е. преобразует неизменное трех- или однофазное напряжение питания с частотой 50 Гц в изменяемое напряжение с изменяемой частотой.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 9**

### *9.2 Порядок выполнения работы*

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему для определения частотного пуска и управления асинхронного двигателя;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.104 «Частотный преобразователь» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему частотного пуска и управления асинхронного двигателя;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );



- б) выключает двигатель;
- 7) выключает привод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.

### ***Содержание отчета***

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каково основное назначение частотного преобразователя?
- 2 Какие существуют законы управления частотного преобразователя?
- 3 Для чего необходимо включать фильтр после частотного преобразователя?
- 4 Каково отличие использования частотного преобразователя вместо устройства плавного пуска?
- 5 Для чего используется тормозной резистор, подключаемый к частотному преобразователю?

## **10 Лабораторная работа № 10. Изучение релейно-контактных схем управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить схемы управления асинхронного двигателя с фазным ротором.
- 2 Изучить схемы управления синхронным двигателем.

### ***10.1 Краткие теоретические сведения***

Асинхронный двигатель с фазным ротором. Основные части: неподвижная часть – статор и вращающаяся часть – ротор.

Статор трехфазного асинхронного двигателя состоит из шихтованного магнитопровода, запрессованного в литую станину. На внутренней поверхности магнитопровода имеются пазы для укладки проводников обмотки.

Ротор трехфазного асинхронного двигателя представляет собой цилиндр, набранный из штампованных листов электротехнической стали и насаженный на вал. В зависимости от типа обмотки роторы трехфазных асинхронных двигателей делятся на короткозамкнутые и фазные.



Синхронный двигатель. Конструктивная схема машины. В зависимости от расположения якоря синхронные машины выполняют с неподвижным или вращающимся якорем. Машины большой и средней мощности выполняют с неподвижным якорем для удобства отвода электрической энергии от обмотки якоря или ее подвода к ней. Поскольку мощность возбуждения невелика, подвод постоянного тока к расположенной на роторе обмотке возбуждения с помощью двух колец не вызывает особых затруднений.

В синхронных машинах с неподвижным якорем якорь выполнен так же, как и статор асинхронной машины. На нем имеются пазы, в которых уложена трехфазная обмотка. Сердечник якоря запрессован в остов, для крепления машины на остове имеются лапы. Возможно также крепление с помощью фланца или другими способами. На валу ротора установлен вентилятор, обеспечивающий охлаждение машины. Возбуждение синхронной машины осуществляется в данном случае от возбудителя.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 10**

### *10.2 Порядок выполнения работы*

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;
- проверяет схему для определения характеристик синхронного двигателя и асинхронного двигателя с фазным ротором;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.105 «Релейно-контакторные схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему для определения характеристик синхронного двигателя и асинхронного двигателя с фазным ротором;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает привод и обесточивает стенд;
- 8) убирает рабочее место.



## ***Содержание отчета***

Отчет о работе должен содержать следующее.

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

## ***Контрольные вопросы***

- 1 Каковы основные достоинства синхронных двигателей?
- 2 От чего зависит скорость асинхронного и синхронного двигателей?
- 3 Каковы преимущества асинхронных двигателей с фазным ротором?
- 4 Каково предназначение пускателя KV1 в схеме?

## **11 Лабораторная работа № 11. Изучение схем пуска и реверса двигателя постоянного тока**

### ***Цель работы***

- 1 Изучить устройство и получить навык работы с реле времени.
- 2 Изучить схемы пуска ДПТ в функции времени.
- 3 Изучить схемы реверса ДПТ.

### ***11.1 Краткие теоретические сведения***

Пуск любого двигателя сопровождается определенными переключениями в силовой цепи и цепи управления. При этом используются релейно-контакторные и бесконтактные аппараты. Для двигателей постоянного тока (ДПТ) в целях ограничения пусковых токов в цепи роторов и якорей двигателей включаются пусковые резисторы, которые при разгоне двигателей по ступеням выключаются. Когда пуск закончится, пусковые резисторы полностью шунтируются.

**Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 11**

### ***11.2 Порядок выполнения работы***

Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:

- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
- задание по выполнению практической части работы;



- проверяет схемы для изучения пуска ДПТ в функции времени и реверса;
- контролирует включение стенда и проведение работы;
- контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации к лабораторной работе и сопутствующую литературу;
- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.101 «Схемы пуска ДПТ» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему ступенчатого пуска ДПТ в функции времени;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выполняет расчеты номинала пусковых резисторов по экспериментальным данным;
- 8) устанавливает с помощью реле времени иные сроки срабатывания ступеней пуска;
- 9) включает привод и проверяет, что схема в номинальном режиме работает и внештатных отключений нет;
- 10) выключает электропривод и обесточивает стенд;
- 11) убирает рабочее место.

### ***Содержание отчета***

Отчет о работе должен содержать следующее:

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Во сколько раз возможно превышение пика тока при пуске ДПТ малой мощности?
- 2 Каким способом устраняется возможность появления ЭДС самоиндукции при разрыве цепи возбуждения?
- 3 Дать определение понятию реверсирование.
- 4 Пояснить порядок реверсирования двигателя с параллельным возбуждением.
- 5 Каким образом происходит пуск двигателей в регулируемых системах управления?



## 12 Лабораторная работа № 12. Изучение схемы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»

### *Цель работы*

- 1 Изучить принцип работы тиристорного преобразователя.
- 2 Снять механическую характеристику при нагружении ДПТ асинхронным двигателем.

### *12.1 Краткие теоретические сведения*

Тиристорные преобразователи представляют собой устройства, преобразующие постоянное или переменное напряжение в переменное заданной частоты. Большинство современных тиристорных инверторов позволяют осуществлять изменение частотной характеристики выходного напряжения в требуемых пределах, благодаря чему они нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и транспорта, например, для плавной регулировки скорости вращения асинхронных электродвигателей, обеспечения необходимого режима электропитания плавильных печей и т. п. Несмотря на то, что в последнее время все большее распространение получают преобразователи частоты на IGBT, тиристорные инверторы по-прежнему доминируют там, где необходимо обеспечить большие мощности (вплоть нескольких мегаватт) с выходным напряжением в десятки киловольт. Именно то, что тиристорные преобразователи частоты имеют высокий КПД (до 98 %), способны успешно справляться с большими напряжениями и токами, а также выдерживать при этом импульсные воздействия и довольно продолжительную нагрузку, является их основным достоинством.

Дополнительные материалы имеются в классе ПЭВМ кафедры (лаб. 207/2) по следующему адресу: D:\МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ\СПЕЦИАЛЬНОСТЬ\_ЭПиАПУ\Наладка и диагностика автоматизированного электропривода\Лабораторная работа 12

### *12.2 Порядок выполнения работы*

- Студент получает от преподавателя, проводящего лабораторные занятия:
- рекомендации по основным аспектам, на которые необходимо обратить внимание при изучении теоретического материала к лабораторной работе;
  - задание по выполнению практической части работы;
  - проверяет схему для определения механической характеристики при нагружении ДПТ асинхронным двигателем;
  - контролирует включение стенда и проведение работы;
  - контрольный вопрос.

Студент выполняет работу в следующей последовательности:

- 1) изучает методические рекомендации по лабораторной работе и сопут-





ствующую литературу;

- 2) устанавливает сменную панель НТЦ-01.Б/07.107 «ДПТ-ТП» на лицевой панели стенда;
- 3) собирает схему управления двигателем от тиристорного преобразователя;
- 4) показывает схему преподавателю для проверки правильности сборки;
- 5) включает стенд. Проводит пуск двигателя. Записывает показания измерительных приборов в блоках БИ-02 и БС-02 (РА1, РV1, РW1, Р $\omega$ );
- 6) выключает двигатель;
- 7) выключает привод и обесточивает стенд;
- 8) выполняет расчёт и построение механической характеристики ДПТ;
- 9) убирает рабочее место.

### ***Содержание отчета***

Отчет о работе должен содержать следующее:

- 1 Цель работы.
- 2 Схема электрическая принципиальная.
- 3 Результаты измерений.
- 4 Ответы на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каково назначение тиристорного преобразователя в промышленности?
- 2 Каким образом происходит закрытие тиристорного ключа в преобразователе?
- 3 Перечислить типы тиристорных преобразователей.
- 4 Перечислить способы управления тиристорной группой.
- 5 Перечислить основные недостатки тиристорных преобразователей.



## Список литературы

- 1 **Кузнецов, Н. Л.** Надежность электрических машин: учебное пособие / Н. Л. Кузнецов. – Москва: МЭИ, 2016. – 432 с.
- 2 **Юркевич, В. В.** Надежность и диагностика технологических систем: учебное пособие для вузов / В. В. Юркевич, А. Г. Схиртладзе. – Москва: Академия, 2015. – 304 с.
- 3 Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебник для вузов / Б. М. Бржозовский [и др.]; под ред. Б. М. Бржозовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 352 с.
- 4 Техническая диагностика: учебное пособие / В. С. Малкин. – Москва: Лань, 2017. – 272 с.
- 5 **Фираго, Б. И.** Теория электропривода: учебное пособие для вузов / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – 2-е изд. – Минск: Техноперспектива, 2017. – 585 с.
- 6 **Чекалин, В. Г.** Диагностика и наладка электроприводов. – Душанбе: ТТУ, 2015. – 326 с.
- 7 **Синопальников, В. А.** Надежность и диагностика технологических систем: учебник / В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. – Москва: Высшая школа, 2016. – 343 с.: ил.
- 8 **Соколовский, Г. Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник / Г. Г. Соколовский. – 2-е изд. – Москва: Академия, 2007. – 272 с.
- 9 Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М. Г. Зименкова, Г. В. Розенберга, Е. М. Феськова. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 480 с.
- 10 Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елисеева, А. В. Шинянского. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
- 11 **Калявин, В. П.** Надежность и диагностика электроустановок: учебное пособие / В. П. Калявин, Л. М. Рыбаков. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2015. – 348 с.

